



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 12 DEC. 2005

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr

This Page Blank (uspto)

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75200 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

Confirmation d'un dépôt par télécopie

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales.

DATE DE REMISE DES PIÈCES 12 MAI 1999 N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL 99 06254 DEPARTEMENT DE DÉPÔT dy DATE DE DÉPÔT 12 MAI 1999	1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE Cabinet BEAU DE LOMENIE 51, Avenue Jean Jaurès B.P. 7073 69301 LYON CEDEX 07 n° du pouvoir permanent 6930114 JMT/MC références du correspondant 04.72.76.85.30 téléphone date
--	--

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention ☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité ☐ transformation d'une demande de brevet européen

☐ demande initiale ☒ brevet d'invention ☐ certificat d'utilité n°

Établissement du rapport de recherche ☐ différé ☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance ☐ oui ☒ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

Procédé et dispositif pour extraire des électrons dans le vide et cathodes d'émission pour un tel dispositif

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON I Nationalité (s) Française Adresse (s) complète (s) 64, Boulevard du 11 Novembre 1918 69611 VILLEURBANNE CEDEX	code APE-NAF Forme juridique Pays FRANCE
---	--

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs ☐ oui ☒ non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES ☐ requise pour la 1ère fois ☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine	numéro	date de dépôt	nature de la demande
----------------	--------	---------------	----------------------

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (nom et qualité du signataire) J.M. THIBAUT CPI n° 94-0312	SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION A. CHAPELAN	SIGNATURE APRÈS ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI
---	---	---

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIETE INDUSTRIELLE

DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS

DESIGNATION DE L'INVENTEUR
(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

N° d'enregistrement national :

Réf. Mandataire : 1H708400-BFR-0014 JMT/MC

99 06 254

Titre de l'invention :

Procédé et dispositif pour extraire des électrons dans le vide et cathodes d'émission pour un tel dispositif

Le soussigné :

Cabinet **BEAU DE LOMENIE**

51, avenue Jean-Jaurès

B. P. 7073

69301 LYON CEDEX 07

désigne en tant qu'inventeur(s) (nom, prénoms, adresse)

VU THIEN Binh

19, rue des 3 Pierres - 69007 LYON

(nationalité française)

DUPIN Jean-Pierre

8, rue Jules Kumer - 69100 VILLEURBANNE

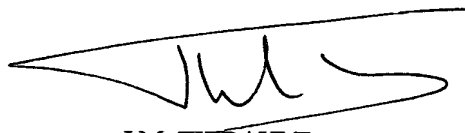
(nationalité française)

THEVENARD Paul

9, rue Guyot - 69300 CALUIRE

(nationalité française)

LYON, le 17 juin 1999


IM THIBAUT
CPI - n° 94-0312
Cabinet BEAU DE LOMENIE

La présente invention concerne le domaine de l'émission d'électrons dans le vide, à partir d'une cathode au sens général.

L'objet de l'invention vise ainsi le domaine des sources d'électrons au sens général, adaptées pour être utilisées dans des dispositifs électroniques ou pour
5 permettre, notamment, la réalisation d'écrans plats.

D'une manière classique, un dispositif d'extraction d'électrons comporte une anode d'émission et une cathode situées à distance l'une de l'autre et entre lesquelles règne un vide ou un ultra-vide. L'anode et la cathode sont reliées entre elles à l'aide d'une source de polarisation permettant de les placer à un potentiel relatif donné.

10 En vue d'obtenir l'émission dans le vide d'un flux constant d'électrons à partir de la cathode, il est nécessaire d'extraire les électrons du potentiel dans lequel ils se trouvent piégés dans le matériau de la cathode. L'extraction des électrons de la cathode peut être obtenue par une technique de chauffage de la cathode, en vue d'élever l'énergie des électrons à une valeur dépassant le travail de sortie. Cette
15 technique connue sous le nom d'émission thermoïonique, possède l'inconvénient de placer la cathode à haute température (2700 K dans le cas d'une cathode en tungstène par exemple) et, par suite, de présenter une consommation d'énergie et une dissipation de chaleur relativement importantes. Par ailleurs, cette technique d'émission thermoïonique des électrons ne permet pas d'obtenir des sites localisés d'émission des
20 électrons.

Il est connu, par ailleurs, une deuxième technique d'extraction des électrons par déformation de la barrière de potentiel de surface de la cathode par un champ électrique intense. Cette technique appelée émission de champ, permet d'obtenir l'émission des électrons à une température dite froide (300 K ou moins). Un
25 inconvénient de cette technique réside dans la nécessité de mettre en oeuvre un vide important (10^{-10} Torr) pour permettre de stabiliser le courant d'émission des électrons. Par ailleurs, pour obtenir un champ électrique intense, la cathode doit présenter nécessairement une géométrie en forme de pointe dont la réalisation pratique de réseaux de pointes pose des problèmes relativement importants. De plus, cette
30 technique ne permet pas d'obtenir une émission uniforme des électrons à partir d'une surface plane.

L'analyse des techniques antérieures connues conduit à constater qu'il apparaît le besoin de disposer d'une technique permettant d'extraire des électrons, à faible température et à faible champ électrique, dans un vide à faible pression (à partir de 10^{-4} Torr), selon une surface d'émission localisée ou uniforme et ne présentant pas de problèmes particuliers de réalisation pratique.

L'objet de l'invention vise à satisfaire ce besoin en proposant un procédé permettant de répondre aux différents objectifs énoncés ci-dessus.

Conformément à l'invention vise un procédé pour extraire dans le vide des électrons émis à partir d'une cathode située en relation de distance d'une anode qui est placée à un potentiel donné par rapport à la cathode, à l'aide d'une source de polarisation. Selon l'invention, le procédé consiste :

- à réaliser une cathode présentant au moins une jonction entre un métal servant de réservoir d'électrons et un semi-conducteur de type n, possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts,
- à assurer l'injection des électrons à travers la jonction métal - semi-conducteur de type n, dans le semi-conducteur possédant une épaisseur de l'ordre du libre parcours moyen des électrons dans ledit semi-conducteur, et présentant une surface d'émission pour les électrons,
- et à contrôler à l'aide de la source de polarisation créant un champ électrique dans le vide, la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, de manière à modifier de façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode du flux d'électrons.

L'objet de l'invention vise également à proposer un dispositif pour extraire dans le vide, des électrons émis à partir d'une cathode située à distance d'au moins une anode placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source de polarisation. Selon l'invention, le dispositif comporte :

- une cathode d'émission comportant au moins une jonction entre un métal et un semi-conducteur de type n, possédant une hauteur de

5 - et une source de polarisation créant un champ électrique dans le vide permettant de régler la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, c'est-à-dire à modifier de façon réversible l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur du type n, en vue de régler l'émission du flux d'électrons.

10 Un autre objet de l'invention est d'offrir une nouvelle cathode d'émission d'électrons pour un dispositif d'extraction dans le vide comportant :

- une première partie formant réservoir d'électrons et formée par au moins une couche métallique,
- et une deuxième partie formant milieu de conduction pour les électrons et formée par un semi-conducteur du type n, définissant avec la couche métallique, une jonction métal - semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, possédant une épaisseur de l'ordre du libre parcours moyen des électrons dans ledit semi-conducteur et présentant une surface d'émission pour les électrons.

Diverses autres caractéristiques ressortent de la description faite ci-dessous en référence aux dessins annexés qui montrent, à titre d'exemples non limitatifs, des formes de réalisation et de mise en oeuvre de l'objet de l'invention.

25 La **fig. 1** est un schéma de principe illustrant un dispositif d'extraction des électrons dans le vide, conforme à l'invention.

La **fig. 2** est un diagramme des bandes d'énergie permettant d'expliciter le principe de l'invention.

Les **fig. 3, 4 et 5** sont des diagrammes des bandes d'énergie de la cathode
30 obtenues selon trois phases caractéristiques du procédé selon l'invention.

La **fig. 6** est une courbe illustrant la variation du courant obtenu en fonction de l'application de la tension de polarisation.

La **fig. 7** est un schéma illustrant l'évolution du courant d'émission obtenu en fonction du temps, pour différentes valeurs de la tension de polarisation.

Les **fig. 8, 9 et 10** illustrent différentes variantes de réalisation d'une cathode plane permettant la mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

5 Tel que cela ressort de la **fig. 1**, l'objet de l'invention concerne un dispositif 1 permettant d'extraire des électrons dans le vide, comportant une cathode d'émission 2 située à distance d'au moins une anode 3 qui, dans l'exemple illustré, constitue une anode de réception des électrons émis par la cathode 2. La cathode 2 et l'anode 3 définissent entre elles un volume 4 dans lequel règne un vide (10^{-4} à 10^{-8} Torr) ou l'ultra-vide (10^{-8} à
10 10^{-12} Torr). Le dispositif d'extraction 1 comporte également une source de polarisation 5 permettant de placer la cathode 2 à un potentiel donné par rapport à l'anode 3. La réalisation pratique du dispositif d'extraction 1 n'est pas décrite plus précisément dans la suite de la description, dans la mesure où elle est bien connue de l'état de la technique.

Conformément à l'invention, le dispositif d'extraction 1 comporte une cathode
15 d'émission 2 comportant une première partie 7 formant un réservoir d'électrons et constituée par au moins une couche métallique. La cathode d'émission 2 comporte également une deuxième partie 8 formant un milieu de conduction pour les électrons injectés. Le milieu de conduction 8 est formé par un semi-conducteur de type n, définissant avec la couche métallique 7, une jonction électronique 9 métal - semi-
20 conducteur (Schottky). Selon une caractéristique avantageuse de l'invention, cette jonction Schottky 9 possède une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, c'est-à-dire comprise entre 0,05 et 1 eV et, de préférence, de l'ordre de 0,1 eV. Les caractéristiques de cette jonction Schottky imposent le choix du couple de matériaux adéquates métal 7 et semi-conducteur 8 de type n. Par
25 exemple, pour un métal 7 qui est le platine, la couche semi-conductrice 8 peut être soit du SiC (carbure de silicium) de type n, soit du TiO_2 (rutile) de type n, obtenus par pulvérisation.

Selon une autre caractéristique avantageuse de l'invention, le semi-conducteur de type n, présente une surface d'émission 11 pour les électrons extraits
30 dans le vide 4. Le semi-conducteur 8 présente une épaisseur définie entre la jonction Schottky 9 et la surface d'émission 11, égale sensiblement au libre parcours moyen des électrons dans le semi-conducteur 8, par exemple, de l'ordre de 5 nm pour des

couches semi-conductrices de SiC (carbure de silicium) de type n ou de TiO₂ (oxyde de titane ou rutile) de type n sur une couche métallique de platine.

La **fig. 2** illustre les bandes d'énergie de la couche métallique 7 et du semi-conducteur 8 par rapport au vide 4, lorsqu'ils se trouvent séparés l'un de l'autre. La couche métallique 7 présente un niveau de Fermi E_f et un travail de sortie Φ_m entre le niveau de Fermi et le niveau V_0 du potentiel du vide 4. Le semi-conducteur 8 présente une bande interdite de largeur E_g , une bande de conduction de niveau E_c , un niveau de Fermi E_f , ainsi qu'une affinité électronique χ par rapport au niveau V_0 du potentiel du vide 4. Lors de la réalisation de la jonction Schottky entre la couche métallique 7 et le semi-conducteur 8 de type n, il se produit un ajustement d'énergie conduisant à un même niveau de Fermi et de potentiel du vide 4. Ainsi, tel que cela ressort de la **fig.3**, la cathode 2 ainsi réalisée présente une couche métallique 7 avec un niveau de Fermi E_f et définissant avec le semi-conducteur 8 de type n, une jonction Schottky 9. A la surface 11 du semi-conducteur 8, il existe une barrière de potentiel de surface V_p .

Le dispositif d'extraction 1 selon l'invention est avantageusement mis en oeuvre de la manière suivante.

Il doit être considéré que la polarisation de la cathode 2 par rapport à l'anode 3 conduit à l'apparition d'un champ électrique F dans le vide 4. Conformément au procédé selon l'invention, il est prévu de contrôler la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8, de manière à modifier de façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur 8, en vue de réguler l'émission des électrons vers l'anode. Il peut ainsi être distingué trois comportements caractéristiques de la cathode par rapport à la valeur du champ électrique F créé dans le vide à l'aide de la source de polarisation 5, illustrés plus particulièrement aux **fig. 3** à 5.

La **fig. 3** illustre un premier comportement de l'anode 2 pour laquelle la tension appliquée par la source de polarisation 5 est inférieure à une valeur de seuil V_s , à partir de laquelle il peut être mesuré un courant d'électrons. Pour cette valeur de tension, il est appliqué un champ électrique F conduisant à un premier abaissement a_1 de la hauteur de la barrière de potentiel de surface résultant de la courbure de bande

due à la pénétration du champ électrique F dans le semi-conducteur **8**. Il est obtenu également un abaissement a_2 de la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur en raison de l'effet Schottky. Il est à noter que la présence du champ électrique F conduit également à une déformation de la barrière du potentiel de surface du semi-conducteur **8**. Dans l'exemple illustré à la **fig. 3**, l'abaissement du potentiel total ($a_1 + a_2$) de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur, obtenu par un champ électrique donné correspondant à une tension faible et inférieure à la tension de seuil V_s , n'est pas suffisante pour permettre l'émission d'électrons. La barrière de potentiel de surface V_p est donc trop haute pour permettre l'émission d'électrons dans le vide **4**. Les électrons injectés à travers la jonction électronique **9** se trouve piégés à l'intérieur du semi-conducteur **8**. Il doit être considéré que la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n , est supérieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur **8**. La **fig. 6** montre dans la partie A de la courbe de courant I en fonction du potentiel V de la source **5**, la caractéristique de courant obtenu selon cette première phase de fonctionnement.

La **fig. 4** illustre une autre phase caractéristique du comportement de l'anode **2** pour une tension de polarisation appliquée, supérieure à la tension de seuil V_s . Le champ électrique F ainsi créé est tel que la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur **8** est sensiblement égale au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur. L'abaissement ($a_1 + a_2$) de la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur est suffisant pour permettre la sortie par effet tunnel, des électrons. Il est ainsi obtenu une surface d'émission **11** à faible affinité électronique. Le courant d'émission de champ I qui est illustré par la partie B de la courbe de la **fig. 6**, est gouverné par la relation de Fowler Nordheim caractéristique de l'émission d'électrons par effet tunnel.

La **fig. 5** illustre un troisième comportement caractéristique de la cathode lorsque la tension de polarisation V est très supérieure à la tension de seuil V_s . La tension de polarisation V est telle que le champ électrique créé F est adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur **8** soit inférieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur **8**. Il est ainsi obtenu une surface d'émission **11** à affinité électronique négative. Le mécanisme d'émission des électrons relève d'une émission thermoionique en considérant que l'injection des électrons

est obtenue à partir de la jonction 9 métal - semi-conducteur. La partie C de la courbe de la **fig. 6** illustre la forme du courant **I** en fonction de la tension **V** appliquée pour ce troisième mode de fonctionnement. Il doit être considéré que l'émission de courant fonctionnant en régime thermoionique, n'est pas sensible aux petites variations de la

5 barrière de vide dues à l'adsorption. Tel que cela apparaît plus précisément sur la **fig. 7**, la stabilité du courant augmente avec l'accroissement de la tension de polarisation **V** parce que l'injection d'électrons n'est pas affectée par les modifications susceptibles d'apparaître dans le vide 4.

Le procédé selon l'invention permet ainsi de réguler l'émission du flux d'électrons

10 à partir du contrôle de la hauteur de la barrière de potentiel de surface V_p du semi-conducteur 8, qui est directement liée à la valeur de la tension de polarisation **V**. Il doit être compris que la technique de l'invention résulte de deux mécanismes en série. La première phase consiste à assurer l'injection d'électrons à travers la jonction 9 métal - semi-conducteur, dans ledit semi-conducteur. La deuxième phase consiste à assurer

15 l'émission d'électrons à partir de la surface du semi-conducteur qui présente une affinité électronique résultant de la pénétration du champ électrique **F** dans ledit semi-conducteur. En fonction de la valeur du champ électrique **F**, il peut être obtenu une surface d'émission n'émettant pas d'électrons (**fig. 3**), présentant une affinité électronique faible (**fig. 4**) ou négative (**fig. 5**).

20 Un avantage de la technique selon l'invention est de présenter une interface d'injection qui est une jonction solide entre un métal et un semi-conducteur. L'injection d'électrons est donc protégée des influences de l'environnement, telles que les phénomènes d'adsorption, de désorption, les bombardements ioniques, etc. Par ailleurs, la surface d'émission de la cathode est une surface à affinité électronique faible ou négative.

25 L'émission d'électrons n'est pratiquement pas sensible aux influences de l'environnement, telles que les phénomènes d'adsorption, de désorption, les bombardements ioniques, etc. Par ailleurs, il est à noter que le courant d'émission est très sensible à la température de sorte qu'il peut être prévu d'assurer le contrôle de la température de la cathode afin de régler le flux du faisceau d'électrons émis.

30 De la description qui précède, il ressort que la surface d'émission est directement dépendante de la distribution du champ électrique sur la surface d'émission 11 de la cathode. Aussi, la présence de protubérances ou de saillies sur la face d'émission 11 permet

de confiner l'émission des électrons au niveau de ses protubérances. Bien entendu, il peut aussi être envisagé que l'émission des électrons s'effectue à partir d'une surface plane.

Les **fig. 8 à 10** décrivent différents exemples de réalisation d'une cathode 2 pour la mise en oeuvre du procédé d'extraction conforme à l'invention. Selon un
5 avantage de l'invention, la cathode 2 peut être réalisée à partir des technologies planaires classiques de fabrication en micro-électronique.

La **fig. 8** décrit une cathode 2 comportant une première partie formant un réservoir d'électrons et constituée par une couche métallique 7 portée par un substrat 13 métallique, semi-conducteur ou isolant. La couche métallique 7 est
10 revêtue d'une couche d'un semi-conducteur 8 de type n permettant de constituer la jonction Schottky 9. La couche semi-conductrice 8, réalisée par les technologies classiques de dopage en micro-électronique, telles que par implantation ionique ou par un dépôt, par exemple de type CVD, pulvérisation, évaporation, sous vide ou PVD. Dans cet exemple de réalisation, la surface d'émission 11 est sensiblement plane. Selon
15 une autre forme de réalisation découlant de celle illustrée à la **fig. 9**, il est prévu de réaliser une surface d'émission 11 présentant des protubérances ou des saillies 14 en des endroits déterminés. A cet effet, il est prévu de réaliser un substrat 13 en un semi-conducteur ou en métal dont la face destinée à recevoir la couche métallique 7 est gravée par des techniques de lithographie, de manière à permettre la réalisation de
20 protubérances, destinées à recevoir en superposition, la couche métallique 7 et la couche de semi-conducteur 8 de type n. Tel que cela apparaît clairement sur la **fig. 9**, l'élément semi-conducteur 8 présente ainsi une surface d'émission 11 présentant des zones localisées 14 pour un confinement spatial des électrons d'émission au niveau de l'extrémité de ses protubérances 14.

25 La **fig. 10** illustre une autre variante de réalisation d'une cathode 2 conforme à l'invention comportant une couche métallique 7 déposée sur un substrat isolant 13. L'ensemble ainsi constitué est soumis à un bombardement ionique pour permettre l'apparition de protubérances en forme de pointes 15 et formant un élément 8 semi-conducteur de type n. Il apparaît ainsi une jonction 9 métal - semi-conducteur au
30 niveau de la protubérance traversant la couche métallique 7.

Le dispositif d'extraction d'électrons selon l'invention trouve de nombreuses applications dans le domaine de l'électronique, notamment pour constituer une source

pour composants électroniques sous vide ou pour réaliser des écrans plats. Dans l'application de l'objet de l'invention à la fabrication d'écrans plats, il peut être prévu classiquement de mettre en oeuvre une première électrode d'extraction des électrons placée en relation de proximité de l'anode et laissant passer les faisceaux d'électrons dont l'intensité est modulée localement pour chaque pixel de l'écran. Ces faisceaux sont récupérés par une anode de réception placée en aval de l'anode d'extraction par rapport à la cathode d'émission. Il est noté que la réalisation du substrat 13 portant la couche métallique 7 en un matériau semi-conducteur, offre la possibilité d'intégrer dans le substrat, des composants électroniques actifs pour contrôler localement l'émission des électrons.

L'objet de l'invention trouve une autre application particulièrement avantageuse pour la production de faisceaux d'électrons parallèles et uniformes pour la lithographie électronique à projection.

Dans les exemples de réalisation décrits en relation des fig. 8 à 10, le substrat 13 présente une géométrie plane. Une telle géométrie est particulièrement adaptée pour les dispositifs nécessitant une source d'électrons planaire (par exemple écrans plats de dimensions pouvant atteindre le m^2 ou plus, des composants électroniques de dimensions plus réduites de l'ordre du mm^2 ou de plusieurs dizaines de cm^2). Bien entendu, le substrat 13 peut présenter d'autres types de géométries en fonction de leur application. Par exemple, le substrat 13 peut posséder une géométrie du type pointe individuelle ou tête d'épingle individuelle pour la réalisation des cathodes dans les canons à électrons individuels. Ces canons sont utilisés notamment dans les microscopes électroniques ou les tubes cathodiques.

L'invention n'est pas limitée aux exemples décrits et représentés, car diverses modifications peuvent y être apportées sans sortir de son cadre.

REVENDECATIONS :

1 - Procédé pour extraire dans le vide (4), des électrons émis à partir d'une cathode (2) située en relation de distance d'une anode (3) qui est placée à un potentiel donné par rapport à la cathode, à l'aide d'une source de polarisation (5), caractérisé en

5 ce qu'il consiste :

- à réaliser une cathode (2) présentant au moins une jonction (9) entre un métal (7) servant de réservoir d'électrons et un semi-conducteur (8) de type n, possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts,
- 10 - à assurer l'injection des électrons à travers la jonction (9) métal - semi-conducteur, dans le semi-conducteur (8) de type n possédant une épaisseur de l'ordre du libre parcours moyen des électrons dans ledit semi-conducteur, et présentant une surface d'émission (11) pour les électrons,
- 15 - et à contrôler à l'aide de la source de polarisation (5) créant un champ électrique dans le vide, la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n, de manière à modifier de façon réversible, l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de réguler l'émission vers l'anode
- 20 du flux d'électrons.

2 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n soit supérieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur

25 de type n, en vue d'obtenir une surface d'émission n'émettant pas d'électrons.

3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface (V_p) du semi-conducteur de type n soit sensiblement égale au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-

30 conducteur du type n, en vue d'obtenir une surface d'émission à faible affinité électronique.

4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à régler la source de polarisation (5), en vue de créer un champ électrique adapté de manière que la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n soit inférieure au niveau des états occupés par les électrons dans le semi-conducteur de type n, en vue d'obtenir une surface d'émission à affinité électronique négative.

5 - Procédé selon l'une des revendications 1, 3 ou 4, caractérisé en ce qu'il consiste à assurer le contrôle de la température de la cathode (2), afin de régler le flux du faisceau d'électrons émis.

6 - Dispositif pour extraire dans le vide, des électrons émis à partir d'une cathode (2) située à distance d'au moins une anode (3) placée à un potentiel donné par rapport à la cathode à l'aide d'une source de polarisation (5), caractérisé en ce qu'il comporte :

- une cathode d'émission (2) comportant au moins une jonction (9) entre un métal (7) et un semi-conducteur (8) de type n, possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, présentant une surface d'émission pour les électrons et possédant une épaisseur de l'ordre du libre parcours moyen des électrons dans ledit semi-conducteur,
- et une source de polarisation créant un champ électrique dans le vide permettant de régler la hauteur de la barrière de potentiel de surface du semi-conducteur de type n, c'est-à-dire de modifier de façon réversible l'affinité électronique de la surface du semi-conducteur de type n, en vue de régler l'émission du flux d'électrons.

7- Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte une électrode d'extraction des électrons suivie d'une anode de réception des électrons extraits.

8 - Cathode d'émission d'électrons pour un dispositif d'extraction dans le vide d'un faisceau d'électrons, conforme à la revendication 6 ou 7, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- une première partie formant réservoir d'électrons et formée par au moins une couche métallique (7),

5 - et une deuxième partie formant milieu de conduction pour les électrons injectés dans la couche métallique et formée par un semi-conducteur (8) de type n, définissant avec la couche métallique, une jonction (9) métal - semi-conducteur possédant une hauteur de barrière de potentiel de quelques dixièmes d'électrons volts, le semi-conducteur de type n, possédant une épaisseur de l'ordre du libre parcours moyen des électrons dans ledit semi-conducteur et présentant une surface d'émission (11) pour les électrons.

10 9 - Cathode d'émission selon la revendication 8, caractérisée en ce que la jonction électronique possède une hauteur de barrière de potentiel comprise entre 0,05 eV et 0,5 eV et, de préférence, de l'ordre de 0,1 eV.

 10 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première partie formant réservoir d'électrons est formée par une couche métallique (7) portée par un substrat (13) métallique, semi-conducteur ou isolant.

15 11 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n possède une surface d'émission (11) pour les électrons, sensiblement plane.

20 12 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission (11) pour les électrons, présentant des protubérances (14, 15) permettant une émission confinée des électrons en regard de chacune d'entre elles.

25 13 - Cathode selon la revendication 11, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission (11) pour les électrons présentant des protubérances (14) réalisées par des techniques de lithographie en des endroits déterminés.

 14 - Cathode selon la revendication 11, caractérisée en ce que le semi-conducteur (8) de type n, possède une surface d'émission pour les électrons présentant des protubérances (15) en forme de pointe, obtenues par un bombardement ionique de la couche métallique déposée sur un substrat isolant.

30 15 - Cathode selon la revendication 8, caractérisée en ce que la première partie formant réservoir d'électrons est formée par une couche métallique (7) portée

par un substrat semi-conducteur dans lequel sont aménagés des composants actifs pour contrôler localement l'émission des électrons.

16 - Cathode selon la revendication 10, caractérisée en ce que le substrat (13) possède une géométrie de pointe individuelle ou en tête d'épingle pour des
5 canons à électrons individuels.

17 - Application d'une cathode selon l'une des revendications 10 à 15, à la production de faisceaux d'électrons parallèles et uniformes pour la lithographie électronique à projection.

18 - Application d'une cathode selon l'une des revendications 10 à 15, à la
10 production de faisceaux d'électrons parallèles dont l'intensité est modulée localement pour chaque pixel d'un écran plat.

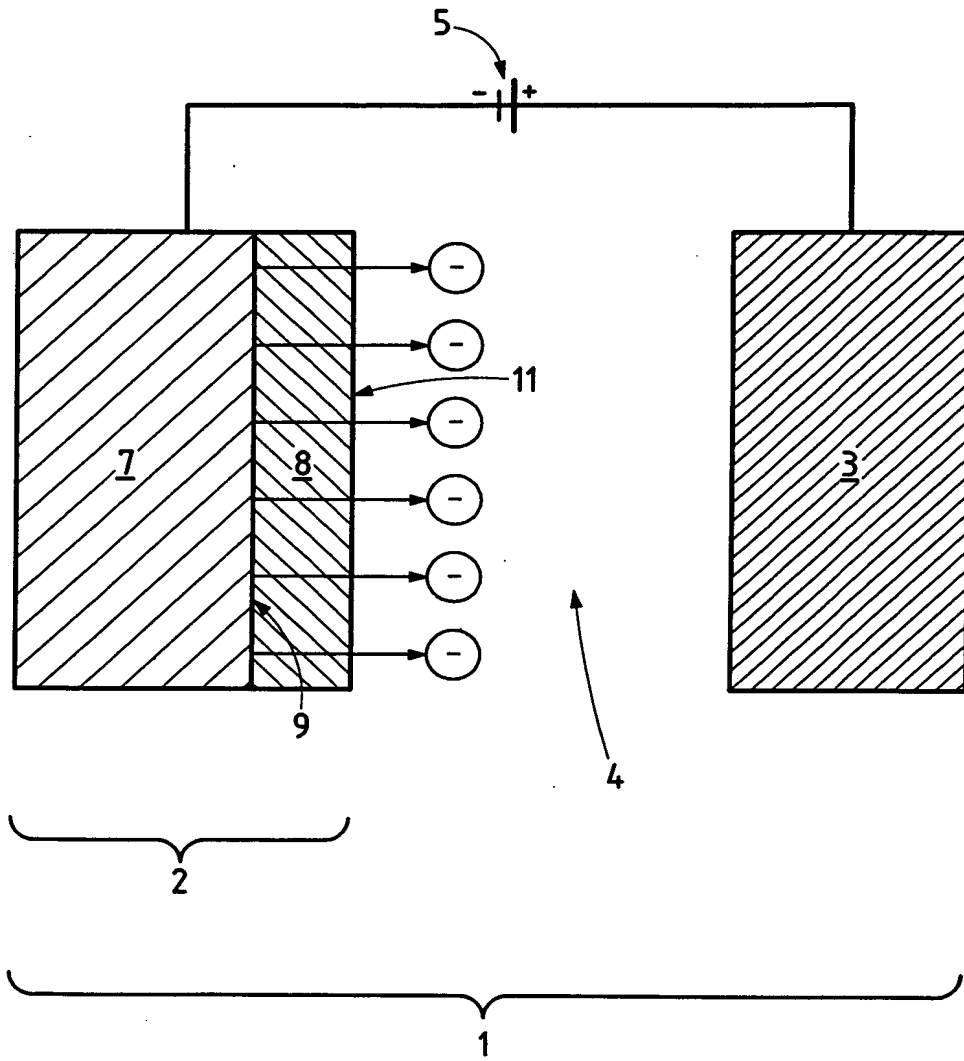


FIG. 1

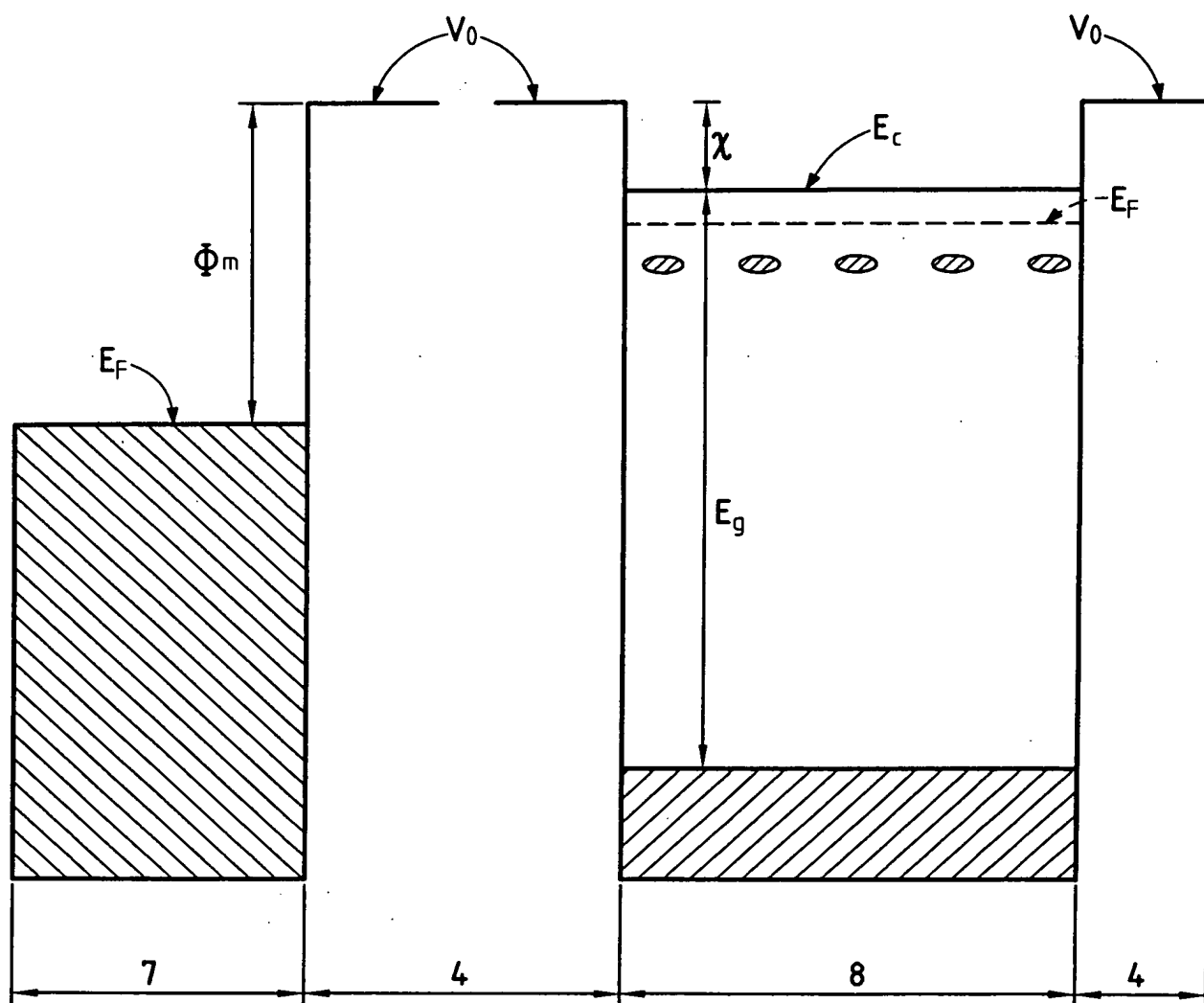


FIG.2

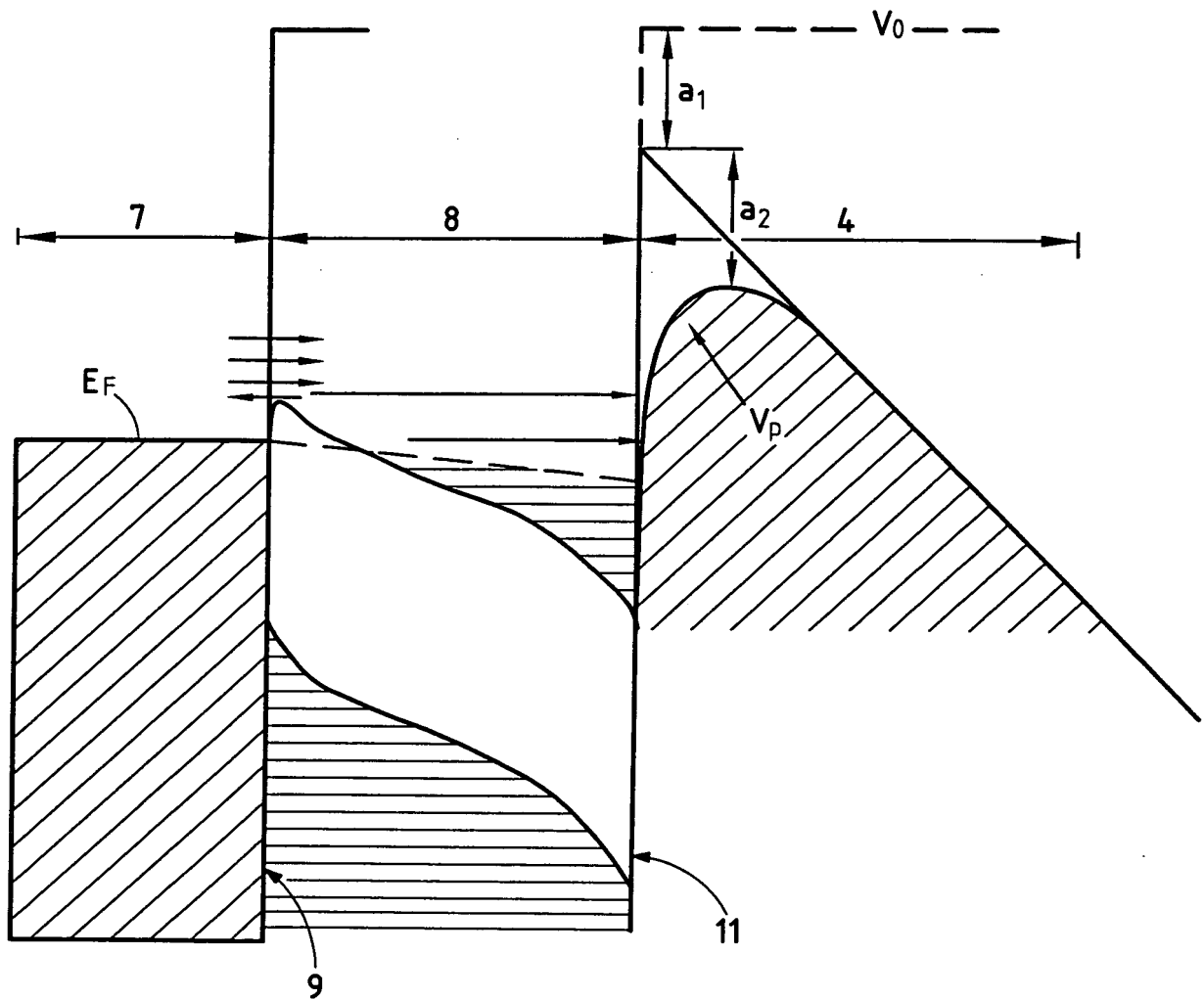


FIG.3

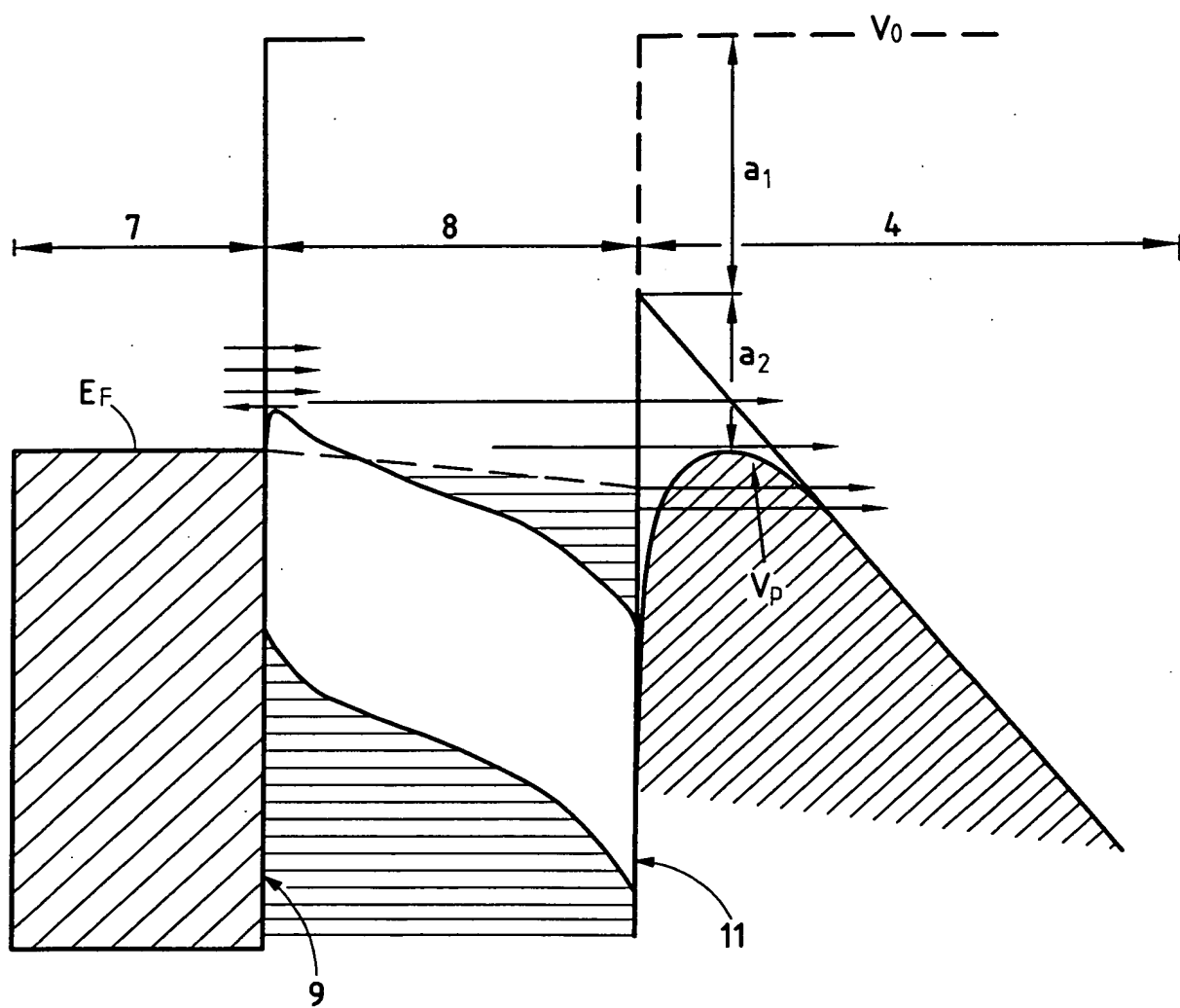


FIG.4

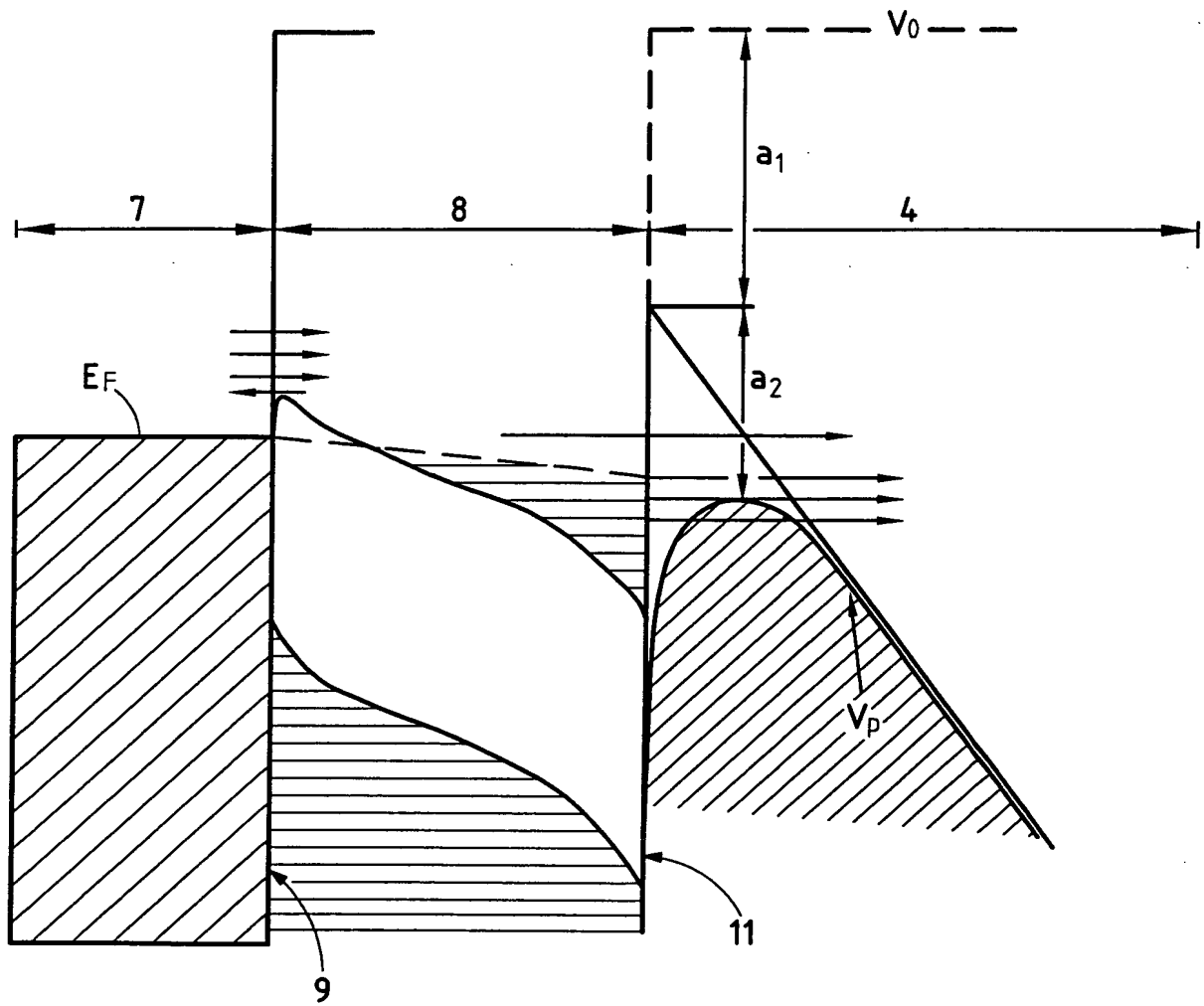


FIG.5

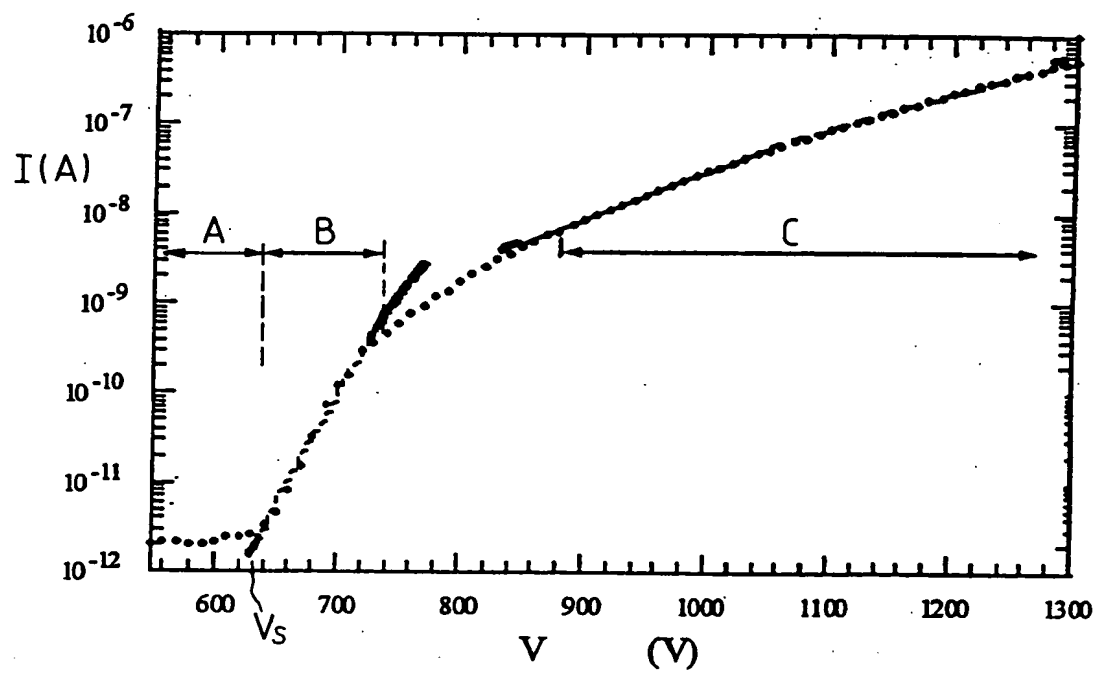


FIG.6

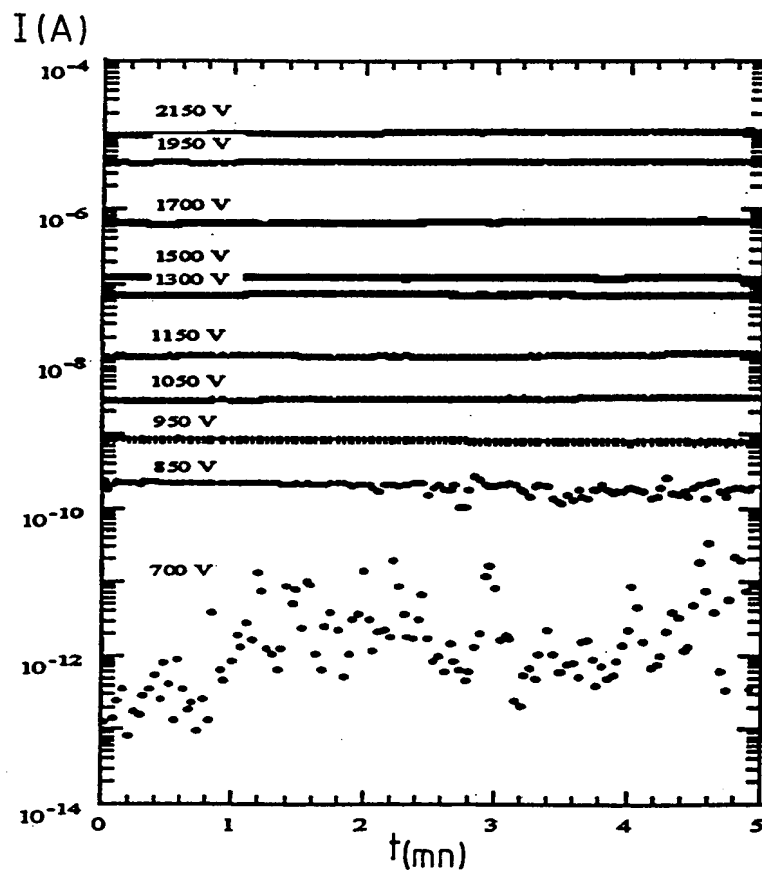


FIG.7

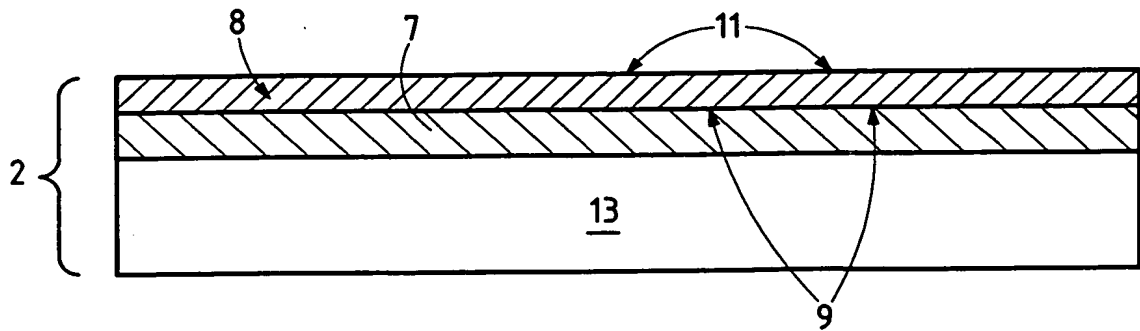


FIG. 8

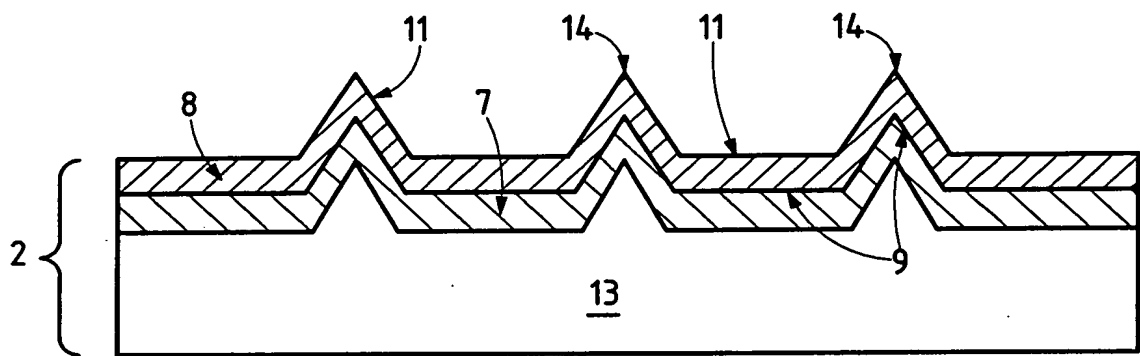


FIG. 9

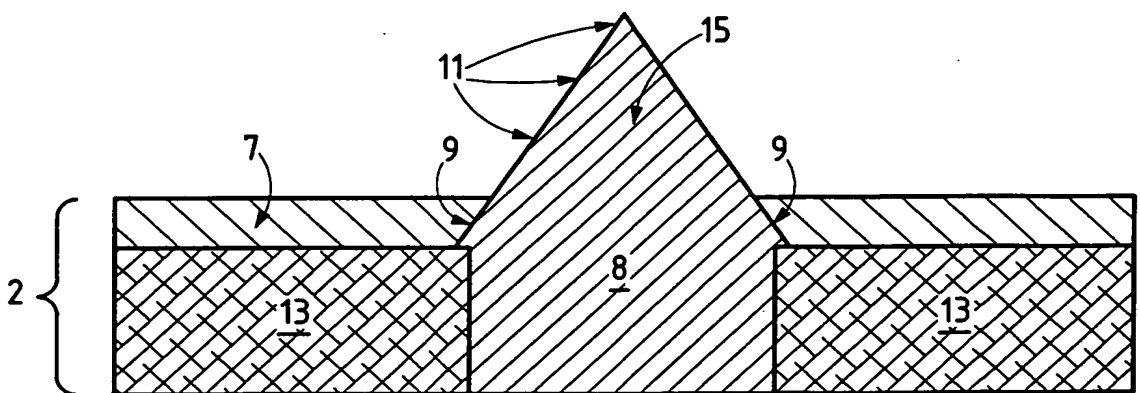


FIG. 10

This Page Blank (uspto)



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Inventor(s): Binh VU THIEN
Jean-Pierre DUPIN
Paul THEVENARD

Assigned to:

Serial No:

Filed:

For: A METHOD AND A DEVICE FOR EXTRACTING ELECTRONS IN A
VACUUM, AND EMISSION CATHODES FOR SUCH A DEVICE

DECLARATION

I, Andrew Scott Marland, of 11, rue de Florence, 75008 Paris, France, hereby certify that I am conversant with the French language and am a competent translator thereof into the English language, and that to the best of my knowledge and belief the following is a true and correct translation of the attached specification and claims as originally filed in respect of French patent application 99 06254.

All statements made herein are to my own knowledge true, and all statements made on information and belief are believed to be true; and further, these statements are made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any document or any registration resulting therefrom.

Date: December 16, 2005

Andrew Scott Marland



this Page Blank (uspto)



The present invention relates to the field of emitting electrons in a vacuum from a cathode in the broad sense.

5 The subject matter of the invention thus covers the field of electron sources in the broad sense suitable for use in electronic devices or for making flat screens, in particular.

10 In conventional manner, an electron extractor device comprises an emission anode and a cathode spaced apart from each other with a vacuum or an ultrahigh vacuum existing between them. The anode and the cathode are interconnected by means of a bias source serving to place them at a given relative potential.

15 In order to ensure that a constant flow of electrons is emitted into the vacuum from the cathode, it is necessary to extract the electrons from the potential in which they are trapped in the cathode material. Electrons can be extracted from the cathode by the technique of heating the cathode, so as to raise the
20 energy of the electrons to a value which exceeds the work of emission. That technique is known as thermionic emission and suffers from the drawback of requiring the cathode to be at high temperature (2700 kelvins (K) for a tungsten cathode, for example) and consequently of
25 consuming relatively large amounts of energy and dissipating it as heat. Furthermore, that thermionic technique of emitting electrons does not enable localized electron emission sites to be obtained.

30 A second technique for extracting electrons is known in which the surface potential barrier of the cathode is deformed by means of an intense electric field. That technique is known as field emission and it enables electrons to be emitted at a so-called "cold" temperature (300 K or less). A drawback of that technique lies in
35 the need to implement a high vacuum (10^{-10} Torr) in order to stabilize the electron emission current. Furthermore, in order to obtain an intense electric field, the cathode

This Page Blank (uspto)

must necessarily be shaped so present a sharp point, and practical implementation of an array of points raises problems that are quite difficult. Furthermore, that technique does not enable electrons to be emitted in
5 uniform manner from a plane surface.

An analysis of previously known techniques leads to the observation that there is a need for a technique that enables electrons to be extracted at low temperature and low electric field in a soft vacuum (as from 10^{-4} Torr),
10 from an emission surface that is localized or uniform and that does not present particular problems of practical implementation.

The invention seeks to satisfy this need by proposing a method enabling the various objects specified
15 above to be satisfied.

Accordingly, the invention provides a method of extracting electrons in a vacuum that are emitted from a cathode situated at a distance from an anode which is placed at a given potential relative to the cathode, by
20 means of a bias source. According to the invention, the method consists in:

- making a cathode presenting at least one junction between a metal serving as a reservoir of electrons and an n-type semiconductor, the cathode possessing a
25 potential barrier with a height of a few tenths of an electron volt (eV);

- injecting electrons through the metal/n-type semiconductor junction in the semiconductor possessing thickness of the order of the mean free path of the
30 electrons in said semiconductor, and presenting an emission surface for the electrons; and

- using the bias source that creates an electric field in the vacuum to control the height of the surface potential barrier of the n-type semiconductor, so as to
35 modify in reversible manner the electron affinity of the n-type semiconductor surface in order to control the emission of an electron flux towards the anode.

This Page Blank (uspto)

The invention also provides a device for extracting electrons in a vacuum as emitted from a cathode situated at a distance from at least one anode placed at a given potential relative to the cathode by means of a bias source. According to the invention, the device comprises:

- an emission cathode having at least one junction between a metal and an n-type semiconductor, possessing a potential barrier with a height of a few tenths of an electron volt, the n-type semiconductor presenting an emission surface for electrons and possessing thickness of the order of the mean free path of the electrons in said semiconductor; and

- a bias source creating an electric field in the vacuum serving to control the height of the surface potential barrier of the n-type semiconductor, i.e. to reversibly modify the electron affinity of the surface of the n-type semiconductor in order to control electron flux emission.

The invention also provides a novel electron-emission cathode for a cathode extraction device, the cathode comprising:

- a first portion forming an electron reservoir and constituted by at least one metal layer; and

- a second portion forming a conduction medium for the electrons and formed by an n-type semiconductor cooperating with the metal layer to define a metal/semiconductor junction possessing a potential barrier with a height of a few tenths of an electron volt, the n-type semiconductor possessing thickness of the order of the mean free path of the electrons in said semiconductor, and presenting an emission surface for the electrons.

Various other characteristics appear from the following description made with reference to the accompanying drawings which show embodiments and implementations of the invention as non-limiting examples.

This Page Blank (uspto)

Figure 1 is a block diagram showing a device for extracting electrons in a vacuum in accordance with the invention.

Figure 2 is an energy-band diagram for explaining
5 the principle of the invention.

Figures 3, 4, and 5 are energy-band diagrams at the cathode as obtained during three characteristic stages of the method of the invention.

Figure 6 is a graph showing how the current obtained
10 varies as a function of the applied bias voltage.

Figure 7 is a diagram showing how the resulting emission current varies as a function of time for different bias voltage values.

Figures 8, 9, and 10 show various embodiments of a
15 plane cathode enabling the method of the invention to be implemented.

As can be seen in Figure 1, the subject matter of the invention relates to a device 1 enabling electrons to be extracted in a vacuum, the device comprising an
20 emission cathode 2 spaced apart from at least one anode 3 which in the example shown constitutes an anode for receiving electrons emitted by the cathode 2. The cathode 2 and the anode 3 define between them a volume 4 in which there is a vacuum (10^{-4} Torr to 10^{-8} Torr) or an
25 ultrahigh vacuum (10^{-8} Torr to 10^{-12} Torr). The extraction device 1 also comprises a bias source 5 enabling the cathode 2 to be placed at a given potential relative to the anode 3. Practical implementation of the extraction device 1 is not described in greater detail below insofar
30 as it is well known in the state of the art.

In accordance with the invention, the extraction device 1 comprises an emission cathode 2 having a first portion 7 forming an electron reservoir and constituted by at least one metal layer. The emission cathode 2 also
35 has a second portion 8 forming a conduction medium for injected electrons. The conduction medium 8 is formed by an n-type semiconductor co-operating with the metal layer

This Page Blank (uspto)

7 to define a metal/semiconductor (Schottky) electron junction 9. According to an advantageous characteristic of the invention, the Schottky junction 9 has a potential barrier to a height of a few tenths of an electron volt, i.e. lying in the range 0.05 eV to 1 eV, and preferably about 0.1 eV. The characteristics of this Schottky junction require an appropriate pair of metal 7 and n-type semiconductor 8 to be selected. For example, when the metal 7 is platinum, the semiconductor layer 8 can be either n-type silicon carbide (SiC) or n-type rutile (TiO₂) obtained by sputtering.

According to another advantageous characteristic of the invention, the n-type semiconductor presents an emission surface 11 for electrons extracted in a vacuum 4. The semiconductor 8 presents defined thickness between the Schottky junction 9 and the emission surface 11, substantially equal to the mean free path of the electrons in the semiconductor 8, e.g. about 5 nm for semiconductor layers of n-type silicon carbide (SiC) or of n-type rutile or titanium dioxide (TiO₂) on a metal layer of platinum.

Figure 2 shows the energy bands of the metal layer 7 and of the semiconductor 8 relative to the vacuum 4 when they are separate from one another. The metal layer 7 has a Fermi level E_f and work of emission Φ_m between the Fermi level and the potential level V_0 of the vacuum 4. The semiconductor 8 presents a forbidden band of width E_g , a conduction band of level E_c , a Fermi level E_f , and electron affinity χ relative to the potential level V_0 of the vacuum 4. While the Schottky junction is being made between the metal layer 7 and the n-type semiconductor 8, energy adjustment occurs leading to the same Fermi level and potential of the vacuum 4. Thus, as can be seen in Figure 3, the cathode 2 as made in this way presents a metal layer 7 with a Fermi level E_f and co-operating with the n-type semiconductor 8 to define a Schottky junction

This Page Blank (uspto)

9. At the surface 11 of the semiconductor 8, there exists a surface potential barrier V_p .

The extraction device 1 of the invention is advantageously used in the following way.

5 It should be understood that the bias of the cathode 2 relative to the anode 3 leads to the appearance of an electric field F in the vacuum 4. In accordance with the method of the invention, the height of the surface potential barrier V_p of the semiconductor 8 is controlled
10 so as to modify, in reversible manner, the electron affinity of the surface of the semiconductor 8 with a view to regulating the emission of electrons towards the anode. Three characteristic behaviors can thus be observed for the cathode relative to the value of the
15 electric field F created in the vacuum by the bias source 5, as shown more particularly in Figures 3 to 5.

Figure 3 shows a first behavior of the anode 2 in which the voltage applied by the bias source 5 is lower than a threshold value V_s from which an electron current
20 can be measured. At this voltage value, an electric field F is applied which leads to a first lowering a_1 of the height of the surface potential barrier that results from the band being curved due to penetration of the electric field F into the semiconductor 8. A lowering a_2
25 is also obtained of the height of the surface potential barrier of the semiconductor because of the Schottky effect. It should be observed that the presence of the electric field F also leads to the surface potential barrier of the semiconductor 8 being deformed. In the
30 example shown in Figure 3, the total lowering of the potential (a_1+a_2) of the surface potential barrier V_p of the semiconductor, as obtained by a given electric field corresponding to a voltage that is low and less than the threshold value V_s is not sufficient to allow electrons to
35 be emitted. The surface potential barrier V_p is thus too high to enable electrons to be emitted into the vacuum 4. The electrons injected through the electron junction 9

This Page Blank (uspto)

are trapped inside the semiconductor 8. It must be assumed that the height of the surface potential barrier of the n-type semiconductor is greater than the level of the states occupied by the electrons in the semiconductor 8. Portion A of Figure 6 shows the curve of current I as a function of the potential V of the source 5, giving the current characteristic as obtained during this first stage of operation.

Figure 4 shows another characteristic stage of the behavior of the anode 2 for an applied bias voltage that is greater than the threshold voltage V_s . The electric field F created in this way is such that the height of the surface potential barrier V_p of the semiconductor 8 is substantially equal to the level of the states occupied by electrons in the semiconductor. The lowering (a_1+a_2) of the height of the surface potential barrier V_p of the semiconductor is sufficient to enable electrons to escape by the tunnel effect. This produces an emission surface 11 having low electron affinity. The field emission current I shown in portion B of the curve of Figure 6 is governed by the Fowler Nordheim relationship characteristic of electron emission by the tunnel effect.

Figure 5 shows a third characteristic behavior of the cathode when the bias voltage V is much greater than the threshold voltage V_s . The bias voltage V is such that the electric field F created is adapted so that the height of the surface potential barrier V_p of the semiconductor 8 is lower than the level of the states occupied by the electrons in the semiconductor 8. Surface emission 11 is thus obtained with negative electron affinity. The mechanism whereby the electrons are emitted is a kind of thermionic emission considering that electron injection is obtained from the metal/semiconductor junction 9. Portion C of the curve in Figure 6 shows the form of the current I as a function of the applied voltage V for this third operation mode. It must be understood that current emission operating under

This Page Blank (uspto)

thermionic conditions is insensitive to small variations in the vacuum barrier due to adsorption. As can be seen more clearly in Figure 7, current stability increases with increasing bias voltage V because electron injection is unaffected by the modifications that can appear in the vacuum 4.

The method of the invention thus makes it possible to control the emission of a flux of electrons by controlling the height of the surface potential barrier V_p of the semiconductor 8 which is directly associated with the value of the bias voltage V . It should be understood that the technique of the invention results from two mechanisms in series. The first stage consists in injecting electrons through the metal/semiconductor junction 9 in the semiconductor. The second stage consists in emitting electrons from the surface of the semiconductor that presents an electron affinity resulting from the penetration of the electric field F into said semiconductor. As a function of the value of the electric field F , surface emission can be obtained that does not emit electrons (Figure 3), that presents low electron affinity (Figure 4), or negative electron affinity (Figure 5).

A technical advantage of the invention is to present an injection interface which is a solid junction between a metal and a semiconductor. Electron injection is thus protected from influences of the environment, such as the phenomena of adsorption, desorption, ion bombardment, etc. In addition, the emission surface of the cathode is a surface having low or negative electron affinity. Electron emission is practically insensitive to influences from the environment, such as the phenomena of adsorption, desorption, ion bombardment, etc. Furthermore, it should be observed that the emission current is very sensitive to temperature, so provision can be made to control the temperature of the cathode in order to control the flux of the emitted electron beam.

This Page Blank (uspto)

From the above, it can be seen that the emission surface depends directly on the electric field distribution on the emission surface 11 of the cathode. Thus, the presence of protuberances or projections on the emission face 11 can serve to confine electron emission to such projections. Naturally, it can also be envisaged to cause electrons to be emitted from a surface that is plane.

Figures 8 to 10 show various embodiments of a cathode 2 for implementing the extraction method of the invention. According to an advantage of the invention, the cathode 2 can be made using planar fabrication technologies that are conventional in microelectronics.

Figure 8 shows a cathode 2 comprising a first portion forming an electron reservoir and constituted by a metal layer 7 carried by a substrate 13 that is metallic, semiconductive, or insulating. The metal layer 7 is coated in an n-type semiconductor layer 8 enabling the Schottky junction 9 to be implemented. The semiconductor layer 8 is made using conventional microelectronic doping technologies, such as ion implanting or deposition, e.g. of the chemical vapor deposition (CVD) type, sputtering, evaporation, in a vacuum, or physical vapor deposition (PVD). In this embodiment, the emission surface 11 is substantially plane. In another embodiment that can be seen in Figure 9, an emission surface 11 is made that presents protuberances or projections 14 at determined locations. For this purpose, a substrate 13 is made out of a semiconductor or a metal whose place for receiving the metal layer 7 is etched by lithographic techniques so as to make projections that are to receive superposed thereon the metal layer 7 and the n-type semiconductor layer 8. As can be seen clearly in Figure 9, the semiconductor element 8 thus presents an emission surface 11 with localized zones 14 for space confinement of emission electrons at the tips of the projections 14.

This Page Blank (uspto)

Figure 10 shows another variant embodiment of a cathode of the invention comprising a metal layer 7 deposited on an insulating substrate 13. The assembly made in this way is subjected to ion bombardment so as to enable point-shaped projections 15 to appear that also form n-type semiconductor elements 8. A metal/semiconductor junction 9 thus appears where the projection passes through the metal layer 7.

There are numerous applications for the electron extraction device of the invention in the field of electronics, in particular for constituting a source for vacuum electronic components or for making flat screens. In the application of the invention for making flat screens, provision can be made in conventional manner to implement a first electron extraction electrode which is placed close to the anode and allowing electron beams to pass of an intensity that is modulated locally for each pixel of the screen. These beams are picked up by a reception anode placed downstream from the extraction anode relative to the emission cathode. It should be observed that by making the substrate 13 carrying the metal layer 7 out of a semiconductor material, it is possible to integrate active electronic components in the substrate for the purpose of locally controlling the emission of electrons.

Another particularly advantageous application of the subject matter of the invention lies in producing parallel and uniform electron beams for projection electron lithography.

In the embodiments described with reference to Figures 8 to 10, the substrate 13 is plane in shape. This shape is particularly suitable for devices that require a planar electron source (e.g. flat screens that can reach dimensions of square meter (m^2) order or more, electronic components of smaller dimensions, of square millimeter (mm^2) order, or of the order of several tens of square centimeters (cm^2)). Naturally, the substrate 13

This Page Blank (uspto)

can have other types of shape as a function of the application. For example, the substrate 13 can be in the form of an individual point or an individual pinhead for making cathodes in individual electron guns. Such guns
5 are used in particular in electron microscopes and in cathode ray tubes (CRTs).

The invention is not limited to the examples described and shown since numerous modifications can be applied thereto without going beyond the ambit of the
10 invention.

This Page Blank (uspto)

CLAIMS

1/ A method of extracting in a vacuum (4) electrons emitted from a cathode (2) situated in spaced-apart relationship with an anode (3) which is placed at a given potential relative to the cathode by means of a bias source (5), the method being characterized in that it consists in:

· making a cathode (2) presenting at least one junction (9) between a metal (7) serving as a reservoir of electrons and an n-type semiconductor (8), the cathode possessing a potential barrier with a height of a few tenths of an electron volt (eV);

· injecting electrons through the metal/semiconductor junction (9) in the n-type semiconductor (8) possessing thickness of the order of the mean free path of the electrons in said semiconductor, and presenting an emission surface for the electrons; and

· using the bias source (5) that creates an electric field in the vacuum to control the height of the surface potential barrier (V_p) of the n-type semiconductor, so as to modify in reversible manner the electron affinity of the n-type semiconductor surface in order to control the emission of an electron flux towards the anode.

2/ A method according to claim 1, characterized in that it consists in controlling the bias source (5) so as to create an electric field suitable for causing the height of the surface potential barrier (V_p) of the n-type semiconductor to be greater than the level of the states occupied by electrons in the n-type semiconductor so as to obtain an emission surface that does not emit electrons.

3/ A method according to claim 1, characterized in that it consists in controlling the bias source (5) so as to create an electric field suitable for causing the height of the surface potential barrier (V_p) of the n-type semi-

This Page Blank (uspto)

conductor to be substantially equal to the level of the states occupied by electrons in the n-type semiconductor, in order to obtain an emission surface having low electron affinity.

5

4/ A method according to claim 1, characterized in that it consists in controlling the bias source (5) so as to create an electric field suitable for causing the height of the surface potential barrier of the n-type semiconductor to be lower than the level of the states occupied by electrons in the n-type semiconductor so as to obtain an emission surface of negative electron affinity.

5/ A method according to any one of claims 1, 3, or 4, characterized in that it consists in controlling the temperature of the cathode (2) in order to control the flux of the emitted electron beam.

6/ A device for extracting in a vacuum electrons emitted from a cathode (2) situated in a spaced-apart relationship with at least one anode (3) placed at a given potential relative to the cathode by means of a bias source (5), the device being characterized in that it comprises:

· an emission cathode (2) having at least one junction (9) between a metal (7) and an n-type semiconductor (8), possessing a potential barrier with a height of a few tenths of an electron volt, the n-type semiconductor presenting an emission surface for electrons and possessing thickness of the order of the mean free path of the electrons in said semiconductor; and

· a bias source creating an electric field in the vacuum serving to control the height of the surface potential barrier of the n-type semiconductor, i.e. to reversibly modify the electron affinity of the surface of

This Page Blank (uspto)

the n-type semiconductor in order to control electron flux emission.

7/ A device according to claim 6, characterized in that
5 it includes an electron extraction electrode followed by an anode for receiving the extracted electrons.

8/ An electron emission cathode for a device for extracting an electron beam in a vacuum in accordance
10 with claim 6 or claim 7, the cathode being characterized in that it comprises:

- a first portion forming an electron reservoir and constituted by at least one metal layer (7); and
- a second portion forming a conduction medium for
15 the electrons injected into the metal layer and formed by an n-type semiconductor (8) co-operating with the metal layer to define a metal/semiconductor junction (9) possessing a potential barrier with a height of a few tenths of an electron volt, the n-type semiconductor
20 possessing thickness of the order of the mean free path of the electrons in said semiconductor, and presenting an emission surface (11) for the electrons.

9/ An emission cathode according to claim 8,
25 characterized in that the electron junction possesses a potential barrier of height lying in the range 0.05 eV to 0.5 eV, and preferably approximately 0.1 eV.

10/ A cathode according to claim 8, characterized in that
30 the first portion forming an electron reservoir is formed by a metal layer (7) carried on a substrate (13) of metal, semiconductor, or insulation.

11/ A cathode according to claim 8, characterized in that
35 the n-type semiconductor (8) possesses an emission surface (11) for electrons that is substantially plane.

This Page Blank (uspto)

12/ A cathode according to claim 8, characterized in that the n-type semiconductor (8) possesses an emission surface (11) for electrons that presents projections (14, 15) enabling electron emission to be confined in register with each of them.

13/ A cathode according to claim 11, characterized in that the n-type semiconductor (8) possesses an emission surface (11) for electrons presenting projections (14) made in determined locations by lithographic techniques.

14/ A cathode according to claim 11, characterized in that the n-type semiconductor (8) possesses an emission surface for electrons presenting projections (15) in the form of points, obtained by ion bombardment of the metal layer deposited on an insulating substrate.

15/ A cathode according to claim 8, characterized in that the first portion forming an electron reservoir is constituted by a metal layer (7) carried by a semiconductor substrate having active components arranged therein for locally controlling electron emission.

16/ A cathode according to claim 10, characterized in that the substrate (13) possesses an individual point shape or an individual pinhead shape for use in an individual electron gun.

17/ The use of a cathode according to any one of claims 10 to 15, for producing parallel and uniform electron beams for projection electron lithography.

18/ The use of a cathode according to any one of claims 10 to 15, for producing parallel electron beams of intensity that is modulated locally for each pixel of a flat screen.

This Page Blank (uspto)

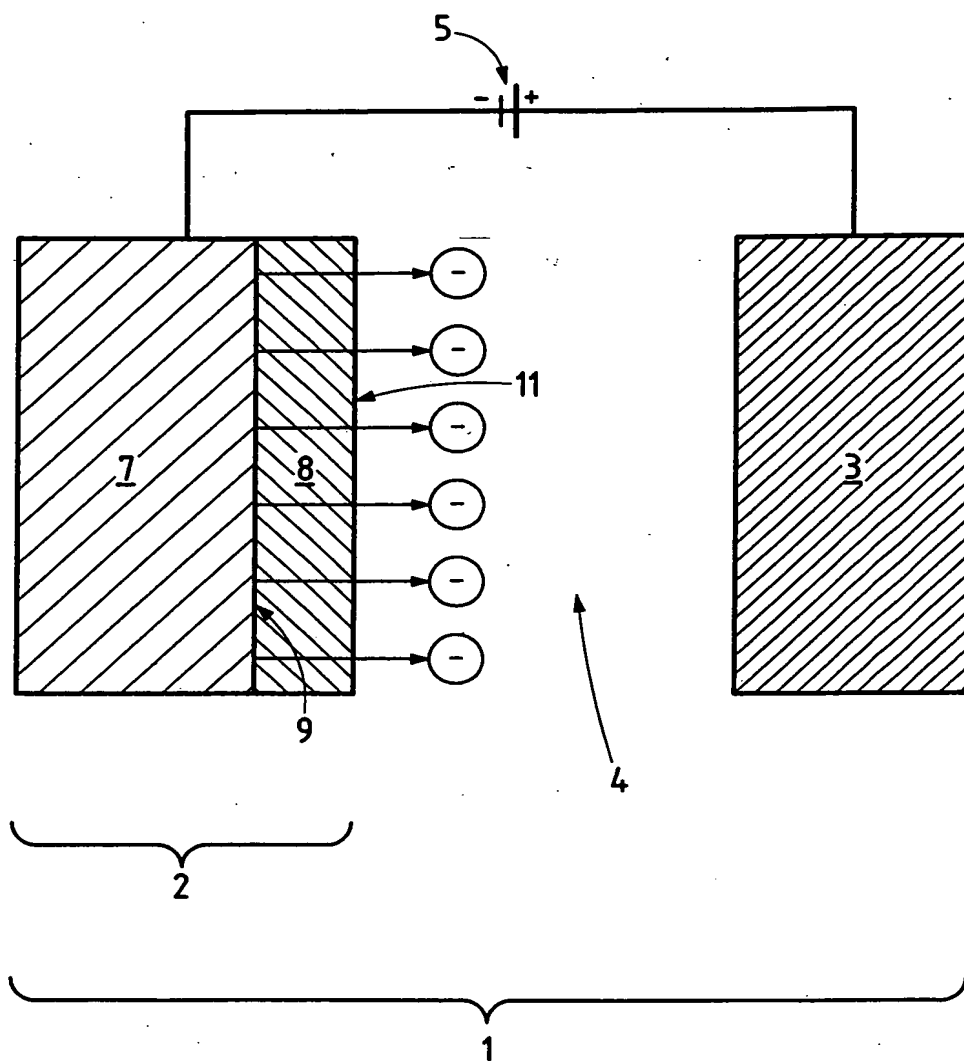


FIG.1

This Page Blank (uspto)

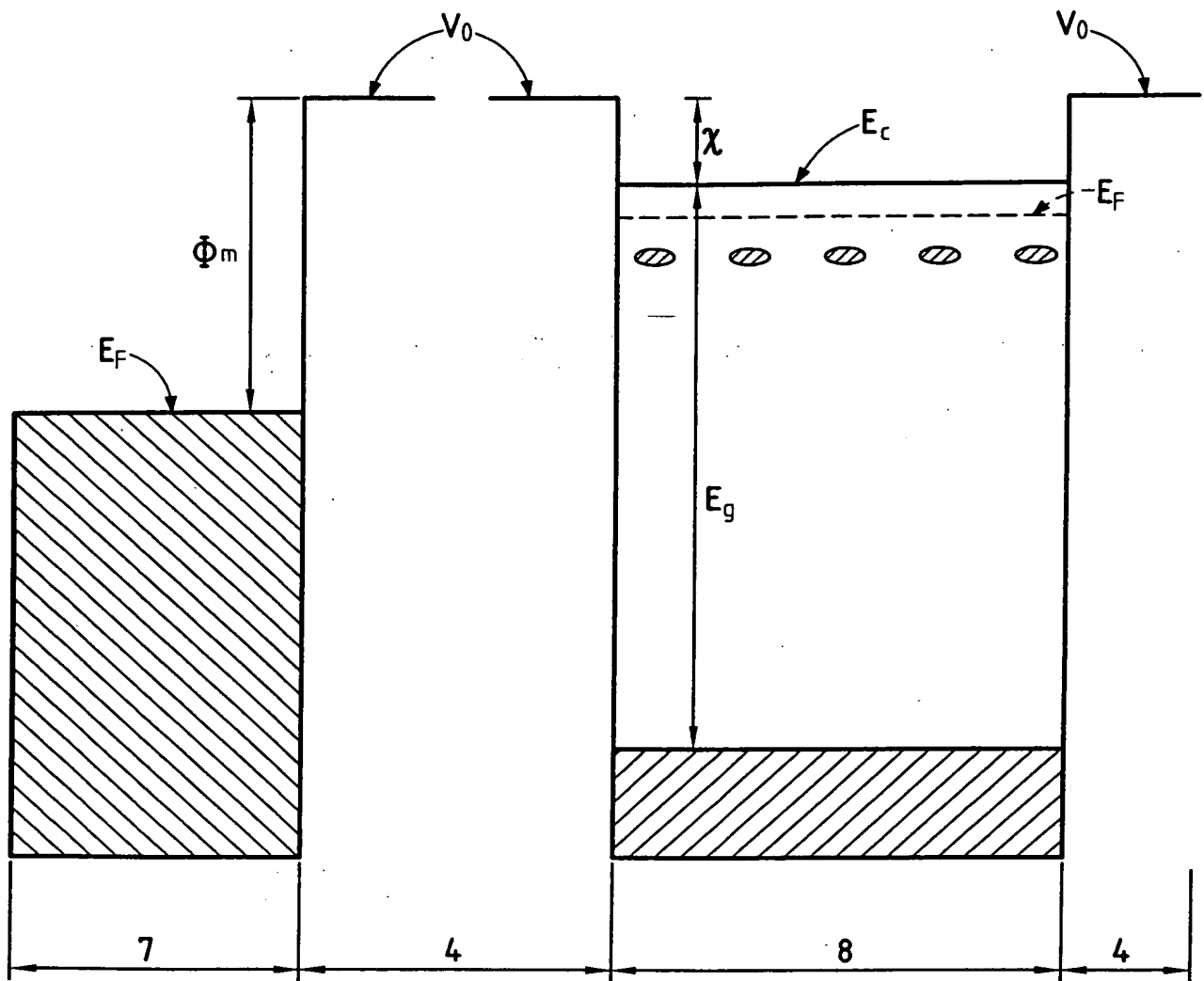


FIG.2

This Page Blank (uspto)

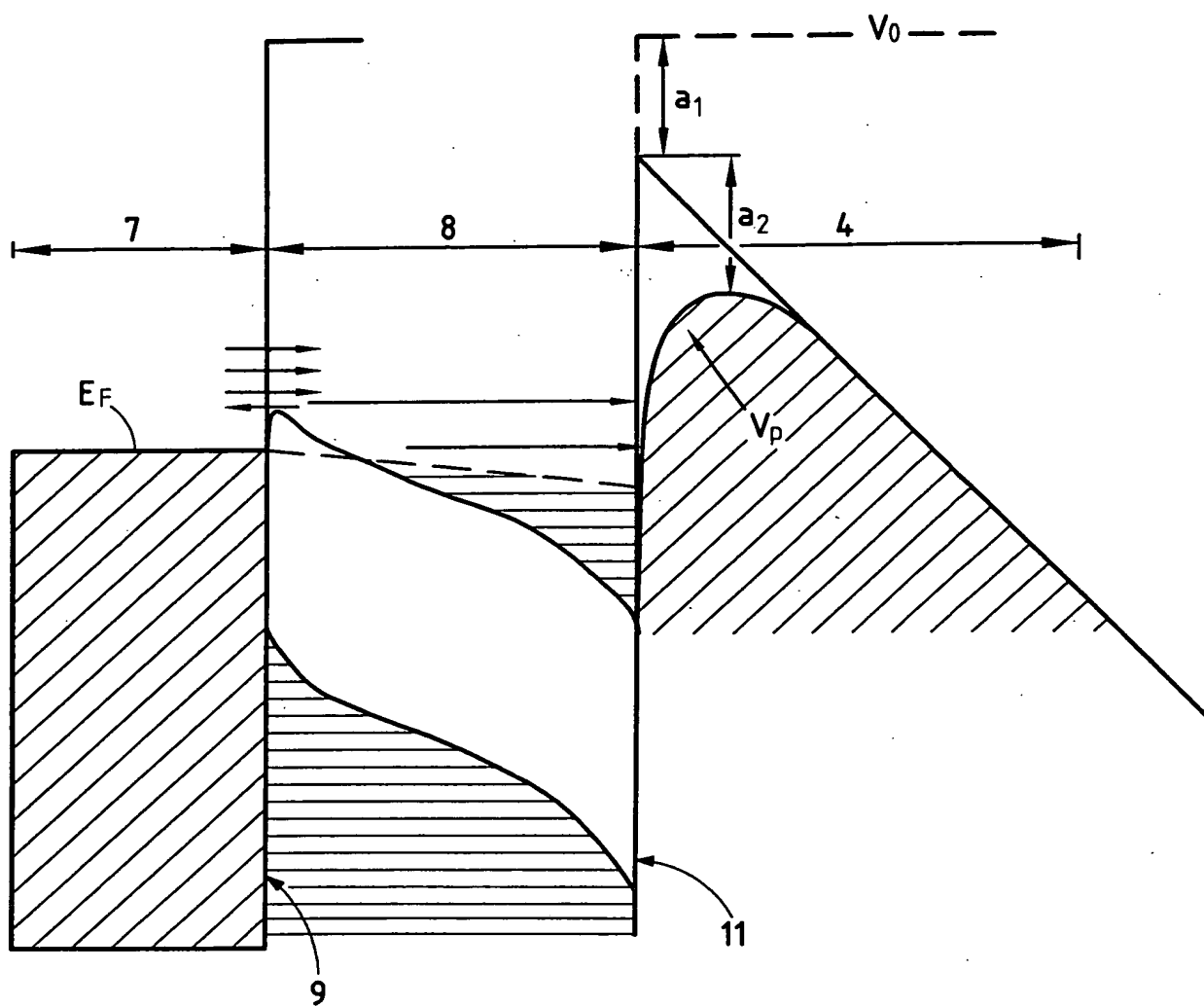


FIG.3

This Page Blank (uspto)

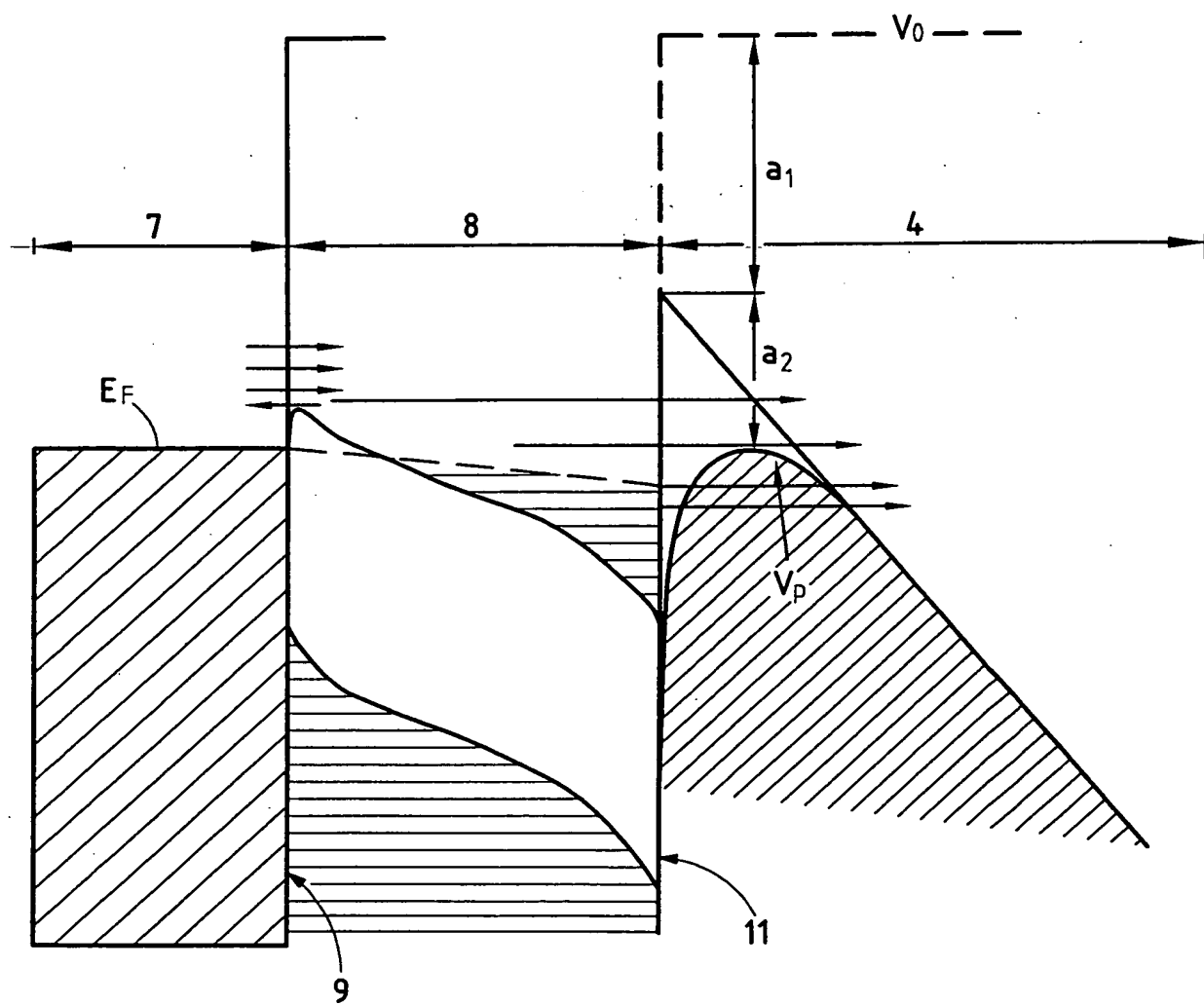


FIG.4

This Page Blank (uspto)

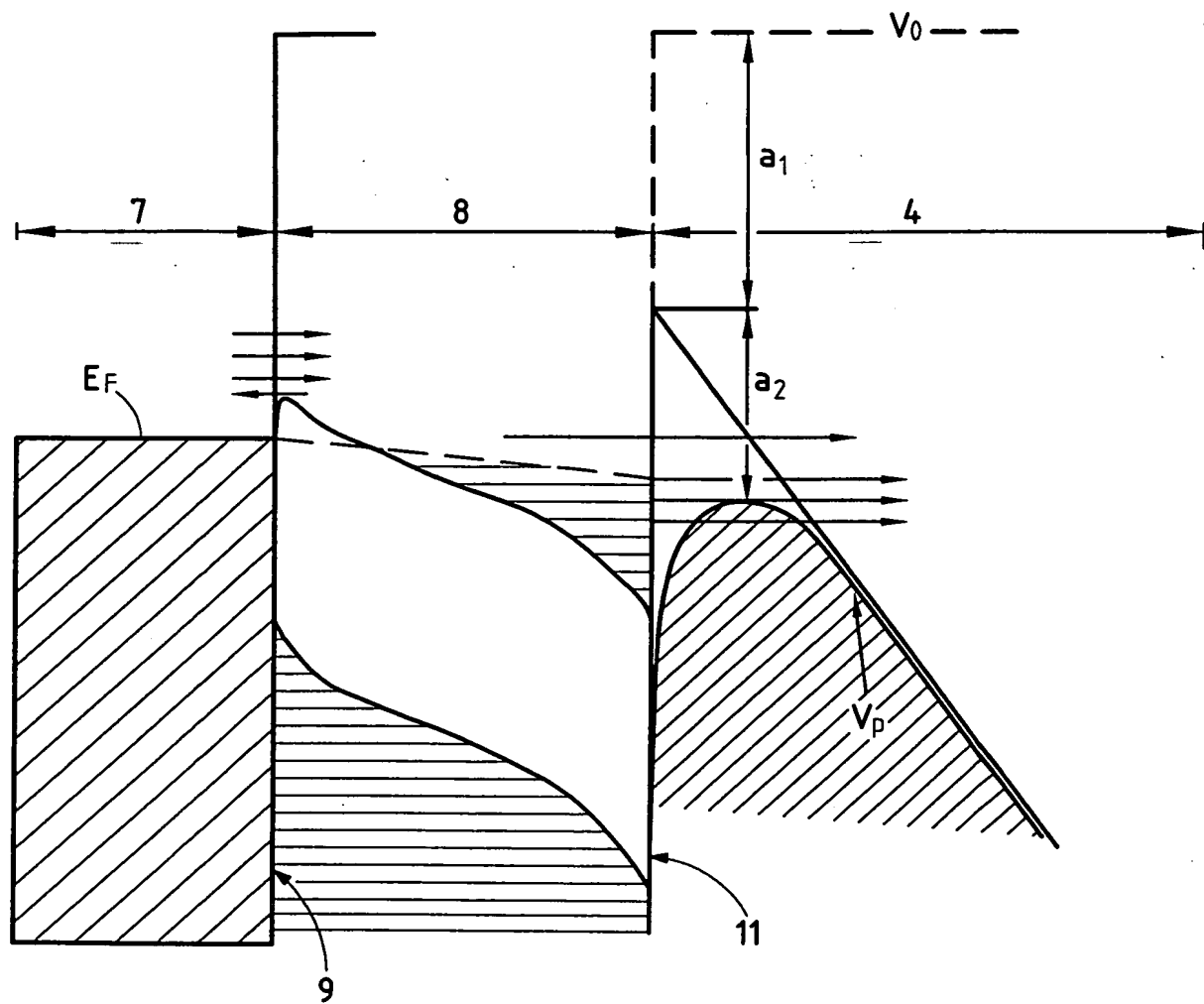


FIG.5

This Page Blank (uspto)

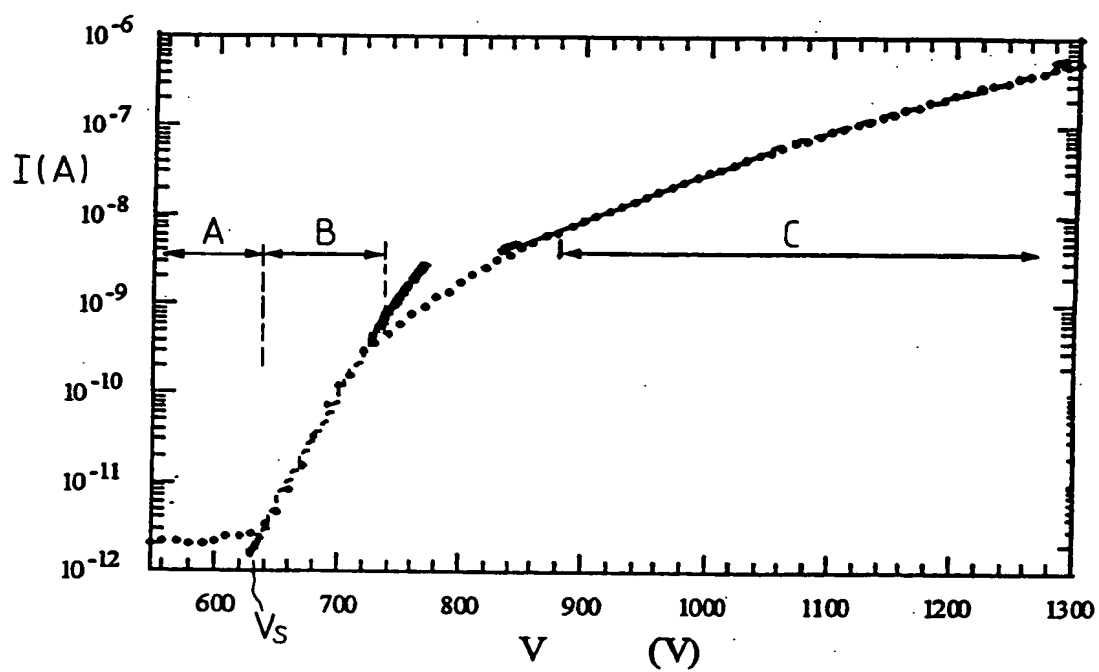


FIG.6

This Page Blank (uspto)

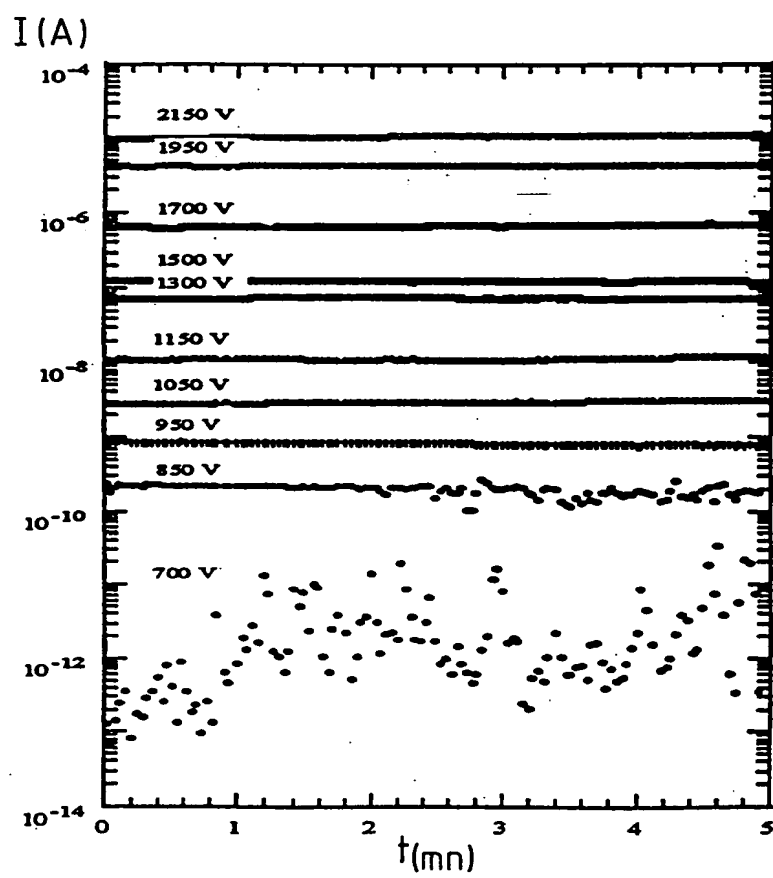


FIG.7

This Page Blank (uspto)

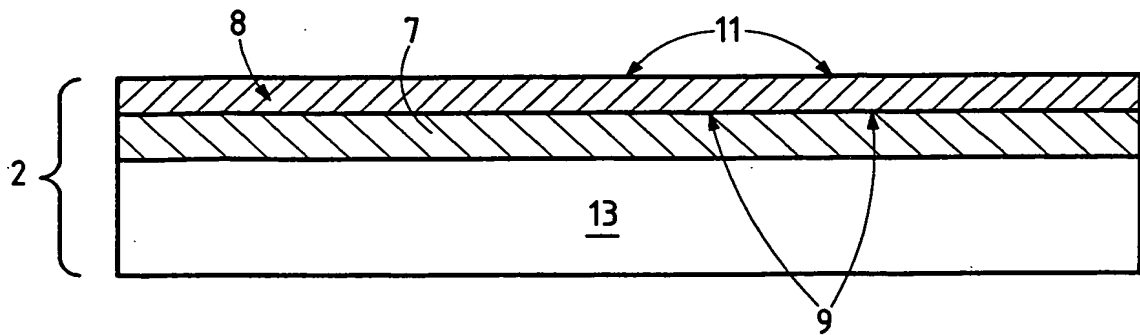


FIG. 8

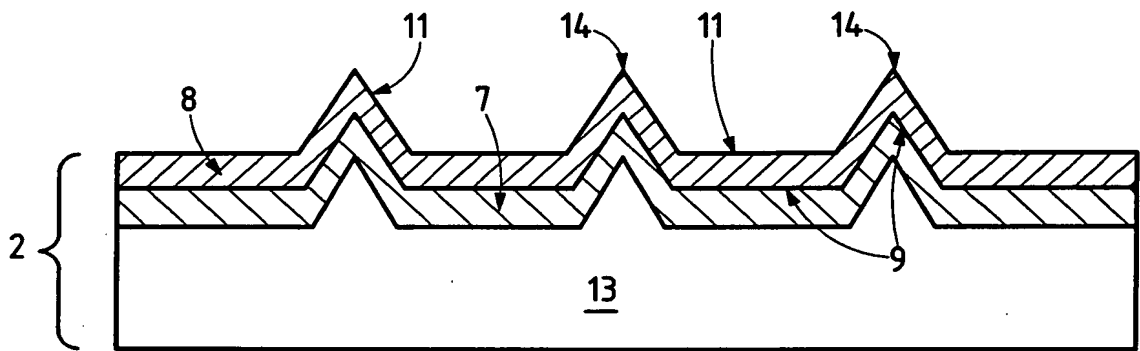


FIG. 9

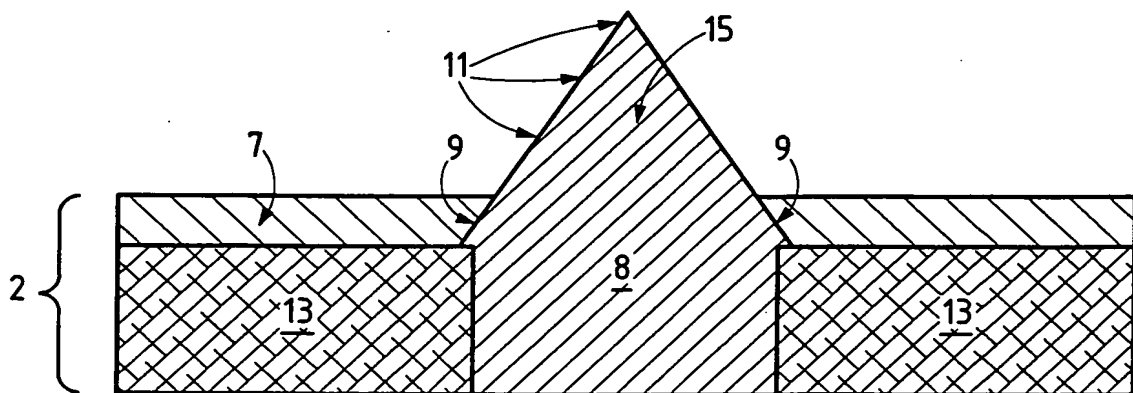


FIG. 10

This Page Blank (uspto)